

## Metode uji rangkai untuk beton yang tertekan

(ASTM C512/C512M-10, IDT)



© BSN 2016

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN  
Email: [dokinfo@bsn.go.id](mailto:dokinfo@bsn.go.id)  
[www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)

Diterbitkan di Jakarta



*"This Standard is identical to ASTM D C512/C512M-10 Standard test method for creep of concrete in compression, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbour Drive, West Conshohocken PA 19428 USA.  
Reprinted by permission of ASTM International."*

*ASTM International has authorized the distribution of this translation of SNI 4811:2016, but recognizes that the translation has gone through a limited review process. ASTM neither represents nor warrants that the translation is technically or linguistically accurate. Only the English edition as published and copyrighted by ASTM shall be considered the official version. Reproduction of this translation, without ASTM's written permission is strictly forbidden under U.S. and international copyright laws.*



## Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata .....	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Arti dan kegunaan.....	1
4 Peralatan .....	2
5 Benda uji.....	3
6 Perawatan dan penyimpanan benda uji .....	5
7 Prosedur .....	5
8 Perhitungan .....	6
9 Laporan.....	6
10 Presisi dan bias .....	6
11 Kata kunci .....	7
Daftar nama dan lembaga .....	7



## Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang Metode uji rangkai untuk beton yang tertekan merupakan revisi dari SNI 03-4811-1998, *Metode pengujian rangkai pada beton yang tertekan* dan merupakan adopsi identik dari ASTM C512-/C512M-10, *Standard test method for creep of concrete in compression*.

Standar ini dipersiapkan oleh Komite Teknik 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Bahan Bangunan pada Sub Komite Teknis 91-01-S4 Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan.

Standar ASTM yang digunakan sebagai acuan dalam standar ini telah diadopsi menjadi SNI sebagai berikut:

1. *ASTM C39/C39M Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, telah diadopsi menjadi SNI 1974:2011, Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder yang dicetak.
2. *ASTM C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*, telah diadopsi menjadi SNI 2493:2011, *Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium*.
3. *ASTM C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens*, telah diadopsi menjadi SNI 6369:2008, *Tata cara pembuatan kaping untuk benda uji silinder beton*.
4. *ASTM C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials*, telah diadopsi menjadi SNI 8059:2014, *Tata cara pelaksanaan program uji antar laboratorium untuk penentuan presisi metode pengujian bahan konstruksi*.

Bila terdapat keraguan atas terjemahan ini, lihat pada dokumen asli standar ASTM tersebut.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman BSN Nomor 8 Tahun 2007 dan telah dibahas dalam forum rapat teknis konsensus pada tanggal 21 Juli 2014 di Bandung, oleh Subpanitia Teknis yang melibatkan para narasumber, pakar, dan lembaga terkait.



## **Pendahuluan**

Standar ini dimaksudkan sebagai petunjuk dalam melakukan uji rangkai untuk beton yang tertekan. Dengan adanya standar ini, diharapkan dapat membantu operator dalam melakukan uji rangkai untuk beton yang tertekan di laboratorium.

Standar ini membahas penentuan rangkai silinder beton dengan pembebanan tekan pada arah longitudinal secara menerus dan dibatasi untuk beton dengan ukuran maksimum agregat tidak melebihi 50 mm.





## Metode uji rangkai untuk beton yang tertekan

### 1 Ruang lingkup

1.1 Metode uji ini meliputi penentuan rangkai silinder beton dengan pembebanan tekan pada arah longitudinal secara menerus. Metode uji ini dibatasi untuk beton dengan ukuran maksimum agregat tidak melebihi 50 mm.

1.2 Nilai-nilai dinyatakan dalam satuan SI adalah dianggap sebagai standar. Tidak ada satuan ukuran lain dalam standar ini.

1.3 Standar ini tidak dimaksudkan untuk mengatasi seluruh masalah keselamatan, jika ada, terkait dengan penggunaannya. Hal ini merupakan tanggung jawab pemakai standar untuk menetapkan praktik yang tepat untuk keselamatan dan kesehatan dan menentukan penerapan batasan peraturan sebelum digunakan.

### 2 Acuan normatif

2.1 Standar ASTM:

*C39/C39M Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*

*C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*

*C470/C470M Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically*

*C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens*

*C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials*

### 3 Arti dan kegunaan

3.1 Metode uji ini untuk mengukur regangan tekan beton yang pembebanannya tergantung waktu pada umur beton yang dipilih dan waktu pengukuran yang direncanakan dengan kondisi lingkungan yang terkontrol.

3.2 Metode uji ini dapat digunakan untuk membandingkan potensi rangkai dari beton yang berbeda. Prosedur sudah tersedia, menggunakan persamaan yang diturunkan (atau plot grafik), untuk menghitung tegangan dari data regangan struktur beton tak bertulang masif. Untuk kebanyakan penerapan rancangan khusus, kondisi pengujian yang ditetapkan harus dimodifikasi agar mendekati simulasi dariantisipasi kondisi pemeliharaan, temperatur, paparan, dan umur pembebanan untuk struktur prototipe. Teori saat ini dan pengaruh parameter bahan dan lingkungan disajikan dalam ACI SP-9, Simposium rangkai beton.

3.3 Karena ketiadaan hipotesa yang cukup mengenai fenomena rangkai, sejumlah asumsi telah dikembangkan yang secara umum dihasilkan melalui pengujian dan pengalaman.

3.3.1 Rangkai adalah proporsional terhadap tegangan dari 0% sampai 40% kekuatan tekan beton.



3.3.2 Rangkak telah disimpulkan merupakan perbandingan langsung dengan kadar pasta sepanjang rentang kadar pasta yang biasa digunakan dalam beton. Oleh karena itu karakteristik rangkak campuran beton yang mengandung agregat dengan ukuran maksimum lebih besar dari 50 mm [2 in.] dapat ditentukan dari karakteristik rangkak dari fraksi di bawah 50 mm [di bawah 2 in.] yang diperoleh dengan menyaring basah. Kalikan nilai karakteristik antara rasio kadar pasta semen (dalam perbandingan volume) pada campuran penuh beton dengan kadar pasta contoh uji yang disaring.

3.4 Penggunaan persamaan logaritma (Pasal 8) tidak berarti bahwa hubungan antara regangan rangkak dan waktu merupakan fungsi logaritma eksak, tetapi untuk periode satu tahun, persamaan tersebut mendekati perilaku rangkak normal dengan akurasi cukup yang memungkinkan perhitungan parameter-parameter yang digunakan untuk tujuan membandingkan beton.

3.5 Tidak ada data yang dapat mendukung ekstrapolasi hasil pengujian ini untuk tarik atau puntir.

## 4 Peralatan

4.1 Cetakan–Cetakan harus berbentuk silinder sesuai ketentuan C 192/C192M, atau ketentuan ASTM C470/C470 M. Bila dibutuhkan, harus dibuat ketentuan untuk pemasangan penyangga alat ukur dan pasak untuk menambahkan pelat penahan keseluruhan sampai ujung benda uji seperti saat pencetakan.

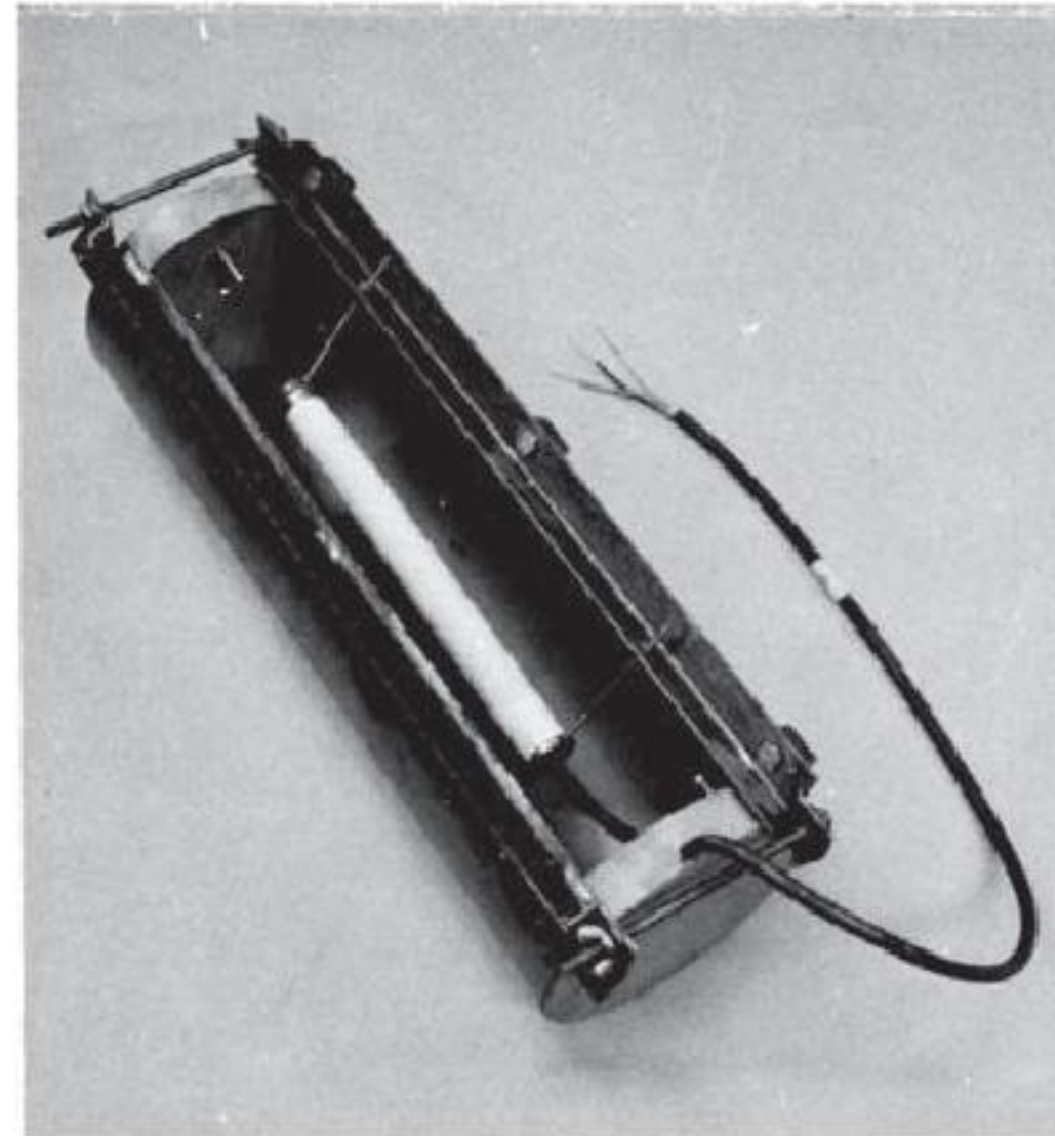
4.1.1 Cetakan horizontal harus sesuai persyaratan dari subbab silinder cetakan horizontal untuk uji rangkak dalam C 192/C192M. Cetakan horizontal yang telah teruji memenuhi persyaratan terdapat dalam Gambar 1.

4.2 Rangka pembebanan, mampu menerapkan dan mempertahankan beban yang dibutuhkan terhadap benda uji, walaupun terjadi perubahan dimensi benda uji. Pada bentuk yang paling sederhana, rangka pembebanan harus terdiri dari pelat penahan pada ujung atas benda uji yang dibebani, elemen penahan-beban yaitu dapat berupa pegas atau kapsul hidrolis atau pemukul, dan batang ulir untuk membuat reaksi sistem pembebanan. Permukaan penahan pelat ujung atas benda uji harus tidak menyimpang dari bidang datar lebih dari 0,025 mm [0,001 in.]. Pada rangka pembebanan, diperbolehkan menumpuk beberapa benda uji untuk pembebanan simultan. Panjang antara pelat ujung atas benda uji harus tidak melebihi 1780 mm [70 in.]. Jika elemen penahan beban hidrolis digunakan, beberapa rangka dapat dibebani secara simultan melalui alat tekanan hidrolis sentral yang terdiri dari akumulator, regulator, alat indikator, dan sumber tekanan tinggi seperti silinder nitrogen atau pompa bertekanan tinggi. Pegas seperti pegas gerbong kereta api dapat digunakan untuk mempertahankan beban pada rangka serupa dengan penjelasan diatas; tekanan awal dapat diberikan dengan dongkrak portabel atau mesin uji. Jika pegas digunakan, perhatian harus diberikan agar kepala sendi atau sendi peluru, dan pelat ujung kaku untuk memastikan pembebanan merata pada silinder. Gambar 2 menunjukkan rangka pegas-pembebanan yang dapat diterima. Peralatan harus disediakan untuk mengukur beban dengan ketelitian 2% total beban yang diberikan. Diperbolehkan untuk menggunakan alat tekan hidrolis yang dipasang permanen atau dongkrak hidrolis dan *load cell* yang dipasang pada rangka jika beban diberikan atau sudah ditentukan.

4.3 Alat pengukur-regangan–Alat yang sesuai harus disediakan untuk pengukuran regangan longitudinal pada benda uji dengan ketelitian  $10^{-6}$  juta. Alat boleh ditanam, ditempelkan, atau portabel. Jika alat portabel digunakan, titik ukur harus terpasang pada benda uji dengan posisi yang tepat. Tidak diijinkan memasang alat pada bidang gesek. Jika alat yang tertanam digunakan, harus dikondisikan bahwa perubahan regangan terjadi



sepanjang sumbu longitudinal silinder. Jika peralatan eksternal digunakan, regangan harus diukur tidak kurang dari antar dua garis yang sejajar sekeliling benda uji. Alat ukur dapat dirangkai sehingga regangan rata-rata dapat dibaca secara langsung. Panjang efektif alat pengukur minimal 3 kali ukuran maksimum agregat beton. Alat pengukur-regangan harus mampu mengukur regangan untuk minimal 1 tahun tanpa kalibrasi.



**Gambar 1 – Cetakan horizontal untuk benda uji rangkak**

**CATATAN 1** Sistem dimana variasi regangan dibandingkan terhadap batang standar dengan panjang-konstan dianggap paling dapat dipercaya, tetapi alat ukur regangan elektrik yang tidak melekat adalah baik.

## **5 Benda uji**

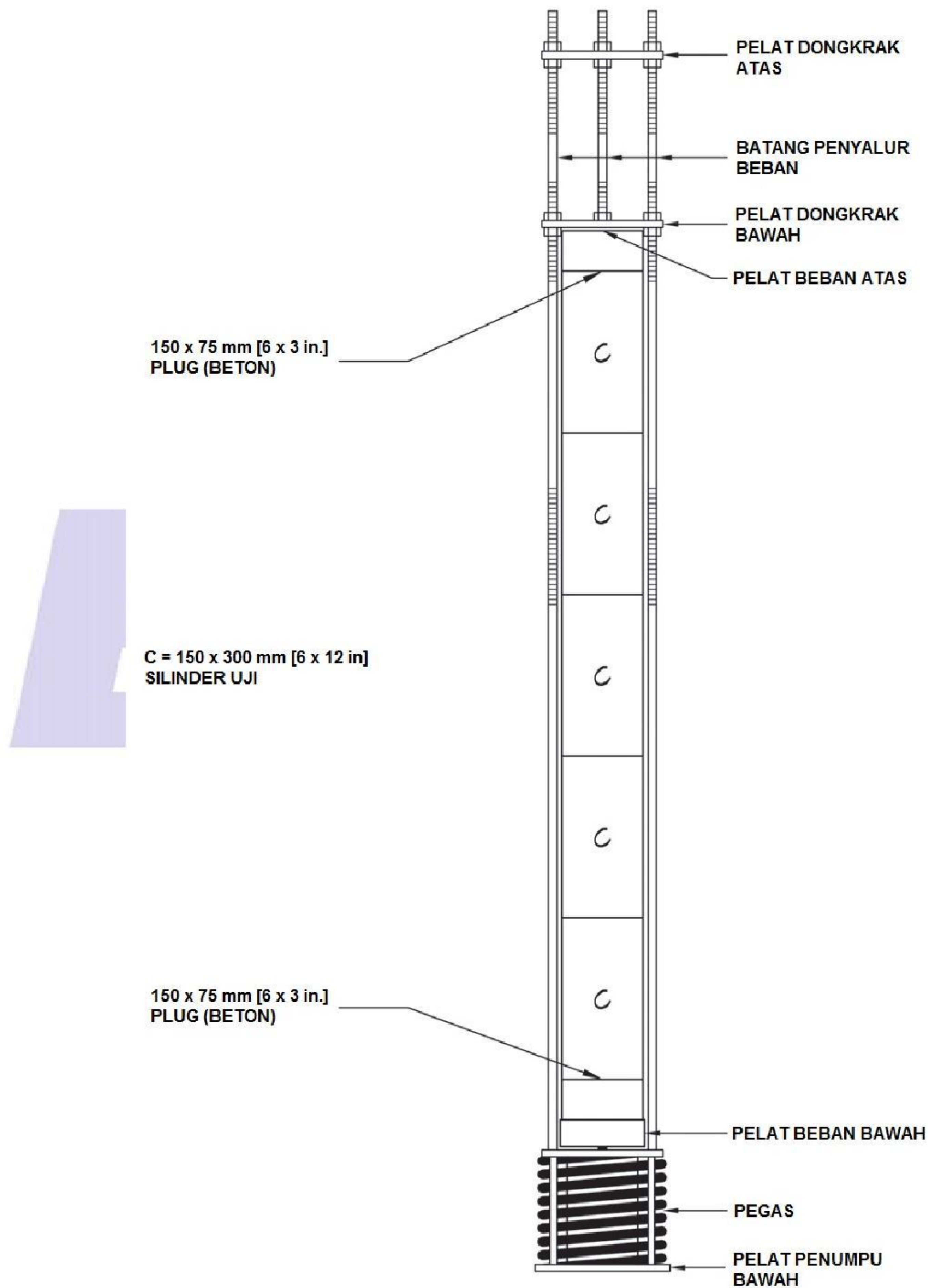
**5.1** Ukuran benda uji—Diameter setiap benda uji harus  $150 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$  [6 in.  $\pm 0,6$  in.]  $150 \text{ mm} \pm 1,6 \text{ mm}$ . dan panjang sekurang-kurangnya 290 mm [11½ in.]. Jika ujung benda uji bersentuhan dengan plat penahan baja, panjang benda uji harus sekurang-kurangnya sama dengan panjang alat ukur-regangan ditambah diameter benda uji. Jika ujung benda uji bersentuhan dengan benda uji beton lain yang mirip dengan benda uji, panjang benda uji harus sekurang-kurangnya sama dengan panjang alat ukur-regangan ditambah 40 mm [1½ in.]. Di antara benda uji dan pelat penahan baja pada setiap ujung tumpukan, harus dipasang silinder tambahan tak terangkai dengan diameter sama dengan silinder uji dan panjang tidak kurang dari setengah diameter.

**5.2** Fabrikasi benda uji—Ukuran maksimum agregat harus tidak melebihi 50 mm [2 in.] (Pasal 3). Silinder yang dicetak vertikal harus dibuat sesuai C192/C192 M. Setiap ujung silinder harus memenuhi syarat kerataan yang dijelaskan dalam lingkup SNI C617 (CATATAN 2). Benda uji yang dicetak horizontal harus dipadatkan dengan metode yang tepat sesuai dengan konsistensi beton seperti yang dijelaskan dalam metode pemadatan C 192/C 192M. Harus dijaga agar batang atau penggetar tidak membentur alat ukur regangan. Jika pemadatan dengan penggetaran digunakan, beton harus ditempatkan pada satu lapis dan diameter elemen penggetar tidak melebihi 35 mm [1,3 in.]. Jika pemadatan digunakan dengan penusukan, beton harus ditempatkan pada 2 lapis yang kurang lebih sama dan setiap lapis harus ditusuk 25 kali secara merata pada setiap sisi alat ukur regangan. Setelah pemadatan, beton harus diratakan dengan cetok atau roskam, lalu diambil secukupnya untuk meratakan permukaan benda uji. Diperbolehkan menggunakan mal untuk membentuk dan meratakan permukaan beton. Jika silinder ditumpuk, pelapisan ujung adalah sangat direkomendasikan.

**CATATAN 2** Ketentuan kerataan dapat dipenuhi dengan kaping, pelapisan atau pada saat pencetakan, *fitting* ujung dengan pelat tumpuan tegak lurus terhadap sumbu silinder.



5.3 Jumlah benda uji—Jumlah benda uji tidak kurang dari 6 buah (CATATAN 3) harus dibuat dari setiap *batch* beton untuk setiap kondisi pengujian; 2 buah harus diuji kekuatan tekan, 2 buah harus dibebani dan diamati untuk deformasi total, dan 2 buah sisanya tidak dibebani untuk digunakan sebagai kontrol indikasi deformasi akibat selain beban. Setiap benda uji yang diuji kekuatan dan benda uji kontrol harus menjalani perawatan dan penyimpanan yang sama dengan benda uji yang dibebani.



**Gambar 2 – Rangka pengujian rangkap dengan pembebanan-pegas**

**CATATAN 3** Direkomendasikan bahwa benda uji rangkap 3 walaupun benda uji rangkap 2 dapat diterima.



## 6 Perawatan dan penyimpanan benda uji

6.1 Perawatan standar—Sebelum dilepas dari cetakan, benda uji harus disimpan pada  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  [ $73,5^{\circ}\text{F} \pm 3,5^{\circ}\text{F}$ ] dan ditutup untuk mencegah penguapan. Benda uji harus dilepas dari cetakan tidak kurang dari 20 jam dan tidak boleh lebih dari 48 jam setelah pencetakan dan disimpan pada kondisi lembap temperatur  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  [ $73,5^{\circ}\text{F} \pm 3,5^{\circ}\text{F}$ ] sampai umur 7 hari. Kondisi lembap adalah air bebas dipertahankan pada permukaan benda uji untuk sepanjang waktu. Benda uji tidak diekspos terhadap aliran air maupun disimpan dalam air. Setelah perawatan dengan kelembapan selesai, benda uji disimpan pada temperatur  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  [ $73,5^{\circ}\text{F} \pm 1,5^{\circ}\text{F}$ ] dan kelembapan  $50\% \pm 4\%$  sampai selesai pengujian.

6.2 Dasar perawatan rangkai—Jika diinginkan untuk mencegah penambahan atau kehilangan air selama penyimpanan dan periode pengujian, benda uji pada waktu pembuatan atau pelepasan cetakan harus ditutup dan disegel dengan lembaran penutup anti lembap (misalnya, tembaga atau karet *butyl*) untuk mencegah kehilangan kelembapan akibat penguapan dan tetap disegel selama periode penyimpanan dan pengujian.

6.3 Aturan variabel temperatur perawatan—Jika diinginkan untuk mendapatkan efek temperatur pada sifat elastik dan inelastik beton (misalnya kondisi temperatur adiabatik eksisting pada beton masif atau kondisi temperatur beton dengan perawatan yang dipercepat), temperatur didalam tempat penyimpanan benda uji harus diatur agar sesuai dengan riwayat temperatur yang diinginkan. Pengguna harus bertanggungjawab untuk membuat riwayat temperatur-waktu yang harus diikuti dan kisaran penyimpangan yang diijinkan.

6.4 Kondisi perawatan yang lain—Umur pengujian yang lain dan kondisi ambien penyimpanan dapat disubstitusi jika dibutuhkan informasi untuk aplikasi tertentu. Kondisi penyimpanan harus didetailkan secara baik dalam laporan.

## 7 Prosedur

7.1 Umur pembebanan—Jika pengujian dimaksudkan untuk membandingkan potensi rangkai pada beton yang berbeda, bebani benda uji pada umur 28 hari. Jika perilaku rangkai lengkap dari beton yang diinginkan, maka siapkan benda uji untuk beban awal pada umur sebagai berikut: 2 hari, 7 hari, 28 hari, dan 90 hari serta 1 tahun. Jika diinginkan informasi untuk umur lain pembebanan, cantumkan umur dalam laporan.

7.2 Detail pembebanan—Segera sebelum pembebanan benda uji rangkai, tentukan kekuatan tekan dari kekuatan benda uji sesuai ASTM C 39/C 39 M. Pada waktu benda uji rangkai yang tidak disegel ditempatkan pada rangka pembebanan, tutup ujung silinder kontrol untuk mencegah kehilangan kelembapan (CATATAN 4). Beban benda uji pada intensitas kurang dari 40% kekuatan tekan pada umur pembebanan. Segera baca regangan sebelum dan setelah pembebanan, 2 jam sampai 6 jam kemudian, lalu setiap hari selama 1 minggu, setiap minggu hingga akhir 1 bulan, dan setiap bulan hingga akhir 1 tahun. Sebelum pembacaan setiap regangan, ukur beban. Jika beban bervariasi lebih dari 2% nilai yang sebenarnya, maka harus disesuaikan (CATATAN 5). Pembacaan regangan pada benda uji kontrol dilakukan pada jadwal yang sama ketika benda uji dibebani.

**CATATAN 4** Saat menempatkan benda uji rangkai pada rangka, perhatikan kelurusan benda uji untuk menghindari pembebanan tidak terpusat. Jika silinder ditumpuk dan alat ukur eksternal digunakan, akan cukup membantu untuk menerapkan beban persiapan yang menghasilkan resultan tegangan tidak melebihi 1380 kPa [200 psi] dan catat variasi regangan setiap benda uji, setelah itu beban dihilangkan dan benda uji disesuaikan untuk keseragaman regangan yang lebih baik.



**CATATAN 5** Jika pegas digunakan untuk mempertahankan beban, penyetelan dapat dicapai dengan menerapkan beban yang tepat dan mengencangkan mur pada batang reaksi ulir.

## 8 Perhitungan

8.1 Hitung regangan yang dipengaruhi beban total per satuan tegangan pada setiap waktu sebagai perbedaan antara nilai regangan rata-rata dari benda uji yang dibebani dan benda uji kontrol dibagi dengan tegangan rata-rata. Untuk menentukan regangan rangkak per satuan tegangan pada setiap umur, kurangi dari regangan yang dipengaruhi beban total per satuan tegangan pada umur regangan per satuan tegangan segera setelah pembebanan. Jika diinginkan, gambar regangan total per satuan tegangan pada kertas koordinat semilog, dengan sumbu logaritmik menunjukkan waktu, untuk menentukan konstanta  $1/E$  dan  $F(K)$  untuk persamaan berikut:

$$\epsilon = (1/E) + F(K)\ln(t+1)$$

**keterangan:**

- $\epsilon$  adalah regangan total per satuan tegangan,  $\text{MPa}^{-1}$  ( $\text{psi}^{-1}$ )
- $E$  adalah modulus elastisitas seketika,  $\text{MPa}$  ( $\text{psi}$ )
- $F(K)$  adalah laju rangkak, dihitung dari kemiringan garis lurus yang mewakili kurva rangkak pada gambar semilog, dan
- $t$  adalah waktu setelah pembebanan, hari

Jumlah  $1/E$  adalah regangan elastik awal per satuan tegangan dan ditetapkan dari pembacaan regangan segera sebelum dan setelah pembebanan benda uji. Jika pembebanan tidak dicapai secara cepat, rangkak dapat terjadi sebelum regangan setelah-pembebanan teramati, pada kondisi tertentu dapat diekstrapolasi terhadap waktu nol dengan metode *least square* yang dapat digunakan untuk menentukan nilai tersebut.

## 9 Laporan

9.1 Laporkan informasi berikut:

- 9.1.1 Kadar semen, rasio air-semen, ukuran agregat maksimum, *slump*, dan kadar udara,
- 9.1.2 Tipe dan sumber semen, agregat, bahan tambahan, dan air pencampur (jika tidak ada air segar digunakan),
- 9.1.3 Posisi silinder ketika dicetak,
- 9.1.4 Kondisi penyimpanan sebelum dan selama pembebanan,
- 9.1.5 Umur pada waktu pembebanan,
- 9.1.6 Kekuatan tekan pada umur pembebanan,
- 9.1.7 Tipe alat ukur regangan,
- 9.1.8 Besaran pra beban,
- 9.1.9 Intensitas beban yang diberikan,
- 9.1.10 Regangan elastik awal,
- 9.1.11 Regangan rangkak persatuan tegangan yang dirancang sampai umur 1 tahun, dan
- 9.1.12 Laju rangkak,  $F(K)$ , jika ditentukan.

## 10 Presisi dan bias

10.1 Presisi –Koefisien variasi operator tunggal *batch* tunggal sebesar 4%<sup>1)</sup> dan koefisien variasi operator tunggal *multi-batch* sebesar 9%<sup>1)</sup>, meliputi kisaran regangan rangkak dari  $250 \times 10^{-6}$  hingga  $2000 \times 10^{-6}$ . Hasil nilai rata-rata dari dua pengujian yang dilakukan secara tepat oleh operator yang sama pada bahan yang sama harus tidak berbeda lebih dari 6%<sup>2)</sup>.



Hasil nilai rata-rata dari dua pengujian yang dilakukan secara tepat oleh operator yang sama pada bahan yang dicetak dari *batch* yang berbeda harus tidak berbeda lebih dari 13%<sup>2)</sup> dari nilai rata-ratanya.

10.2 Bias –Metode uji ini tidak memiliki bias karena nilai yang ditentukan hanya dapat didefinisikan oleh istilah metode uji.

<sup>1)</sup> Angka tersebut mewakili batas 1s % dalam C 670

<sup>2)</sup> Angka tersebut mewakili batas d2s % dalam C 670

## 11 Kata kunci

11.1 Tekan, beton, rangkai, regangan rangkai, regangan elastik

